

## Sporcularda Bağırsak Mikrobiyotasının Modülasyonu: Prebiyotik, Probiyotik ve Sinbiyotik Takviyelerin Sporda Rolü

Zeynep Kilci<sup>1</sup>

Gökhan Aydın<sup>2</sup>

### Özet

Bağırsak mikrobiyotası, sindirim, bağışıklık, enerji metabolizması ve nörolojik süreçler üzerinde kritik rol oynayan karmaşık bir ekosistemdir. Sporcularda mikrobiyota çeşitliliği, performans ve sağlıkla yakından ilişkilidir. Düzenli egzersiz mikrobiyal çeşitliliği artırarak kısa zincirli yağ asitleri üretimini desteklerken, yoğun antrenmanlar bağırsak geçirgenliğini artırarak inflamasyon ve gastrointestinal sorunlara yol açabilir. Bu bağlamda prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotik takviyeler dikkat çekmektedir. Prebiyotikler, faydalı bakterilerin çoğalmasını teşvik ederek bağışıklığı güçlendirir ve inflamasyonu azaltır. Probiyotikler canlı mikroorganizmalar olarak bağırsak dengesini düzenler, üst solunum yolu enfeksiyonlarını azaltır ve toparlanmayı hızlandırır. Sinbiyotikler ise her iki yaklaşımı birleştirerek daha güçlü bir etki sağlar, enerji metabolizmasını optimize eder ve bağışıklığı destekler. Mevcut bulgular, bu takviyelerin sporcularda toparlanmayı kolaylaştırdığını, bağışıklık fonksiyonlarını güçlendirdiğini ve performansı dolaylı olarak iyileştirdiğini göstermektedir. Ancak etkinlik, kullanılan suş, doz, süre ve bireysel mikrobiyota profiline bağlıdır. Dolayısıyla kişiselleştirilmiş takviye stratejileri geliştirilmesi önemlidir. Genel olarak prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotikler, sporcularda sağlık ve performans optimizasyonu için umut verici birer araç olarak değerlendirilmektedir.

- 1 Dr. Öğretim Üyesi, Bandırma Onyedİ Eylül Üniversitesi, Susurluk Tarım ve Orman Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, znale@bandirma.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1700-8597>
- 2 Dr., gokhan.aydin@baun.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-5575-3200>

## 1. Giriş

Bağırsak mikrobiyotası, insan sağlığını şekillendiren temel biyolojik faktörlerden biri olarak son yıllarda bilimsel araştırmaların odak noktası haline gelmiştir. Yalnızca sindirim sistemi sağlığı açısından değil, aynı zamanda bağışıklık, metabolik süreçler ve nörolojik fonksiyonlar üzerindeki etkileriyle de önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir (Cani & Knauf, 2016). Yaklaşık 100 trilyon mikroorganizmanın oluşturduğu bağırsak mikrobiyotası; bakteri, virüs, mantar ve arke gibi çeşitli mikroorganizmalardan meydana gelmekte ve bu topluluk organizma ile simbiyotik bir ilişki sürdürmektedir (Lloyd-Price vd., 2016). Mikrobiyota, yalnızca sindirim sistemi sağlığını değil; aynı zamanda bağışıklık düzenlenmesini, enerji metabolizmasını, vitamin sentezini ve nörolojik süreçleri etkileyerek çok yönlü bir işlev üstlenmektedir (Cani & Knauf, 2016; Fan & Pedersen, 2021). Bu nedenle, bağırsak mikrobiyotasının dengesinin korunması ve gerektiğinde modüle edilmesi hem genel sağlık hem de sportif performans açısından kritik görülmektedir.

Egzersiz ve bağırsak mikrobiyotası arasındaki çift yönlü ilişki, özellikle sporcu sağlığında dikkat çekici bulgular ortaya koymaktadır. Düzenli egzersiz, bağırsak mikrobiyal çeşitliliğini artırarak kısa zincirli yağ asitleri üretimini desteklemekte, bu da enerji metabolizması ve bağışıklık fonksiyonları üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır (Clarke vd., 2014; Mailing vd., 2019). Nitekim dayanıklılık sporcularının, sedanter bireylere kıyasla daha zengin bir mikrobiyota profiline sahip oldukları rapor edilmiştir (Mach & Fuster-Botella, 2017). Bununla birlikte, aşırı antrenman yüklenmeleri ve yoğun egzersiz programları, bağırsak geçirgenliğinde artışa ve gastrointestinal sorunlarda yükselişe yol açabilmekte, bu durum da sporcuların performansını ve toparlanma süreçlerini olumsuz etkileyebilmektedir (Lamprecht vd., 2012; Grosicki vd., 2019). Bu çelişkili bulgular, bağırsak mikrobiyotasının sporcu performansında hem koruyucu hem de risk oluşturan bir faktör olabileceğini göstermektedir.

Probiyotik gıdalar ve takviyeleri, probiyotik bakterilerin vücuda alınmasını sağlamak için yaygın olarak kullanılır (Göktepe vd., 2023). Mikrobiyota modülasyonunda prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotik destekler, son yıllarda öne çıkan uygulamalardan biridir. Prebiyotikler, bağırsak mikrobiyotasında yararlı bakterilerin çoğalmasını teşvik eden sindirilemeyen gıda bileşenleri olarak tanımlanırken (Gibson vd., 2017), probiyotikler, yeterli miktarda alındığında sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalardır (Hill vd., 2014). Bu iki yaklaşımın birleşiminden oluşan sinbiyotikler ise, bağırsak ekosisteminde daha güçlü bir düzenleyici etki göstermektedir. Sporcularda yapılan çalışmalar, probiyotik ve sinbiyotik desteğin bağışıklık sistemini

güçlendirdiğini, üst solunum yolu enfeksiyonlarının sıklığını azalttığını, gastrointestinal rahatsızlıkları hafiflettiğini ve egzersiz sonrası toparlanmayı kolaylaştırdığını ortaya koymaktadır (Jäger vd., 2019; West vd., 2022). Ancak mevcut kanıtların bir kısmı sınırlı örneklem grupları veya kısa süreli müdahalelere dayanmakta olduğundan, uzun vadeli etkiler konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak, bağırsak mikrobiyotası sporcu sağlığı ve performansında giderek daha fazla dikkate alınan bir unsur haline gelmektedir. Prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotik takviyeler, bu ekosistemin korunması ve optimize edilmesinde etkili stratejiler olarak öne çıksa da bireysel farklılıklar ve spor branşlarına özgü ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak uygulanmalıdır. Bu bağlamda, sporcularda mikrobiyota modülasyonunun hem performans optimizasyonu hem de sağlığın korunması açısından önemli bir potansiyel bulunduğu söylenebilir.

## 2. Bağırsak Mikrobiyotasının Yapısı ve İşlevi

İnsan bağırsağında yer alan mikrobiyota, trilyonlarca mikroorganizmayı içeren son derece kompleks bir ekosistemdir. Yaklaşık 100 trilyon civarında mikroorganizma barındırdığı tahmin edilir, bu da insan genomundaki gen sayısından 150 kat daha fazla gen içerdiği anlamına gelir (Afzaal vd., 2022). Mikrobiyota, özellikle sindirim, kısa zincirli yağ asidi (SCFA) üretimi, enerji metabolizması, vitamin sentezi ve bağışıklık sisteminin düzenlenmesi gibi yaşamsal işlevlerde kritik roller üstlenir (Patel vd., 2024). Mikrobiyota, yalnızca besin öğelerinin sindirimine katkıda bulunmakla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda organizmadaki toksinlerin uzaklaştırılmasına da yardımcı olmaktadır. Bunun yanı sıra, etkileri yalnızca gastrointestinal sistem ile sınırlı olmayıp, bağışıklık sistemi ve sinir sistemi üzerinde de önemli rol oynamaktadır (Durukan ve Turgut, 2021).

İnsan bağırsak mikrobiyotası, başlıca bakteriler, mantarlar, virüsler ve arkelerden oluşan kompleks bir ekosistemdir. Bu ekosistemde özellikle Firmicutes ve Bacteroidetes filumlarının baskın olduğu, ancak Actinobacteria, Proteobacteria ve Verrucomicrobia gibi diğer grupların da önemli işlevlere sahip olduğu bilinmektedir (Rinninella vd., 2019). Mikrobiyota, besinlerin sindirilmesi, kısa zincirli yağ asitleri üretimi, vitamin sentezi, enerji metabolizması ve immün sistemin düzenlenmesi gibi yaşamsal süreçlerde kritik roller üstlenmektedir (Fan & Pedersen, 2021). Ayrıca, son yıllarda yoğun biçimde araştırılan bağırsak-beyin eksenini, mikrobiyotanın nörotransmitter üretimi, vagus siniri aracılığıyla sinyalleşme ve immün modülasyon yoluyla bilişsel işlevler ve ruh hali üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur (Cryan vd., 2019).

Sporcularda bağırsak mikrobiyota çeşitliliği, yalnızca genel sağlık değil, aynı zamanda fiziksel performans ile de ilişkilendirilmektedir. Egzersiz sırasında artan kısa zincirli yağ asitleri (SCFA) üretiminin enerji metabolizmasını desteklediği, anti inflamatuvar etki yarattığı ve kas fonksiyonlarını optimize ettiği gösterilmiştir (Mach & Fuster-Botella, 2017; Mailing vd., 2019). Öte yandan, düşük mikrobiyal çeşitlilik, artan bağırsak geçirgenliği ve inflamatuvar yanıtlarla bağlantılı olup, bu durum sporcularda gastrointestinal rahatsızlıkların ve performans kayıplarının önemli bir nedeni olabilmektedir (Jäger vd., 2020). Bu nedenle bağırsak mikrobiyotasının yapısının ve işlevinin anlaşılması, sporcularda hem sağlık hem de performansın korunması açısından temel bir biyolojik dayanak oluşturmaktadır.

Özetle, bağırsak mikrobiyotasının hem yapısal çeşitliliği hem de metabolik aktivitesi, özellikle sporcularda enerji üretimi, bağışıklık direnci ve nöro-fizyolojik regülasyon gibi alanlarda performans ve sağlığı doğrudan etkileyen temel bir biyolojik faktördür. Bu nedenle, mikrobiyota modülasyonuna yönelik prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotik yaklaşımlar, sporcu sağlığını optimize etmeye yönelik umut verici stratejiler olarak öne çıkmaktadır.

## 2.1 Prebiyotikler

Prebiyotikler, sindirim sisteminde enzimler tarafından parçalanmayan ve kalın bağırsağa ulaştığında burada yerleşik olan faydalı mikroorganizmalar tarafından fermente edilen besin bileşenleri olarak tanımlanmaktadır. Bu süreç sonucunda kısa zincirli yağ asitleri (SCFA) üretilmekte ve bu metabolitler bağırsak epiteli, bağışıklık sistemi ve enerji metabolizması üzerinde çok yönlü faydalar sağlamaktadır (Gibson vd., 2017). Prebiyotiklerin en önemli özelliği, konakçıya doğrudan değil, bağırsak mikrobiyotasını modüle ederek dolaylı şekilde etki göstermesidir. Özellikle *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* gibi faydalı bakteri türlerinin çoğalmasını destekleyerek bağırsak ekosisteminde bir denge oluştururlar (Healey vd., 2018). Bu nedenle prebiyotikler, probiyotiklerin etkinliğini artırmak için doğal bir besin kaynağı işlevi görmektedir.

En çok çalışılan prebiyotik türleri arasında inülin, fruktooligosakkaritler (FOS) ve galaktooligosakkaritler (GOS) yer almaktadır. İnülin, özellikle sebze ve tahıllarda bulunan çözünür liflerden biridir ve bağırsak bakterileri tarafından kolaylıkla fermente edilerek SCFA üretimini artırır. FOS, fruktoz moleküllerinin zincir halinde birleşmesiyle oluşur ve bağırsak florasında bifidogenik etki göstererek bağışıklık sistemini güçlendirir. GOS ise özellikle *Bifidobacterium* türlerinin çoğalmasını desteklemesiyle bilinir ve bağırsak bariyer bütünlüğünü korumada önemli rol oynar (Roberfroid vd., 2010).

Yapılan çalışmalar, bu prebiyotik türlerinin sistematik şekilde bağırsak sağlığını geliştirdiğini, inflamasyonu azalttığını ve dolaylı olarak sporcularda bağışıklığı güçlendirdiğini göstermektedir (Davani-Davari vd., 2019).

Sporcularda prebiyotik kullanımı giderek ilgi çekici bir araştırma konusu haline gelmektedir. Yüksek yoğunluklu egzersizler bağırsak geçirgenliğini artırarak “sızdıran bağırsak” sendromuna neden olabilir ve bu durum inflamatuvar yanıtı tetikleyebilir. Prebiyotiklerin SCFA üretimi yoluyla bağırsak bariyer bütünlüğünü desteklemesi, inflamasyonu azaltması ve hidrasyon dengesine katkı sağlaması, sporcularda toparlanma süreçlerini hızlandırabilir (Jäger vd., 2019). Ayrıca prebiyotik desteği ile bağışıklık sisteminin güçlenmesi, üst solunum yolu enfeksiyonlarının görülme sıklığını azaltarak sporcuların antrenman sürekliliğini korumalarına yardımcı olabilir. Bununla birlikte mevcut literatür, prebiyotiklerin doğrudan spor performansını artırıcı etkilerine dair kesin kanıtların henüz sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır (Wells vd., 2017). Ancak bağırsak sağlığı, bağışıklık ve toparlanma üzerinde gösterdiği olumlu etkiler, dolaylı olarak sporcu performansının korunmasına katkı sağlamaktadır.

## 2.2. Probiyotikler

Probiyotikler, yeterli miktarda alındığında konakçının sağlığını olumlu yönde etkileyen canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanır (Hill vd., 2014). Probiyotiklerin en önemli etki mekanizmalarından biri, gastrointestinal sistemde patojen mikroorganizmalarla rekabet ederek onların çoğalmasını engellemesi ve bağırsak mikrobiyotasının dengesini sağlamasıdır. Bunun yanı sıra, bağışıklık sistemini aktive eden immünolojik mekanizmalar üzerinde de etkilidir; örneğin IgA düzeylerini artırarak mukozal savunmayı güçlendirir, doğal öldürücü hücrelerin (NK) aktivitesini yükseltir ve proinflamatuvar sitokinlerin üretimini baskılayarak anti inflamatuvar yanıtı destekler (West vd., 2009).

Sporcu sağlığı açısından en çok incelenen probiyotikler arasında *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türleri öne çıkmaktadır. Bu bakteriler, sporcuların maruz kaldığı gastrointestinal rahatsızlıkların azaltılmasında ve bağışıklığın korunmasında önemli rol oynamaktadır. Özellikle yoğun antrenman dönemlerinde görülen karın ağrısı, şişkinlik, ishal gibi gastrointestinal şikâyetler probiyotik desteğiyle azaltılabilmektedir (Pyne vd., 2015). Ayrıca probiyotikler, egzersizin yol açtığı inflamasyonu düşürerek toparlanma süresini kısaltabilmekte ve enerji metabolizmasını optimize edebilmektedir.

Performans üzerine etkileri açısından da giderek artan sayıda çalışma bulunmaktadır. Örneğin, probiyotik desteğinin dayanıklılık sporcularında aerobik kapasiteyi artırdığı, triatletlerde koşu performansını iyileştirdiği ve maraton koşucularında test mesafesini anlamlı düzeyde yükselttiği bildirilmiştir (Martarelli vd., 2011). Ayrıca bazı araştırmalarda, probiyotiklerin kuvvet sporcularında 1 tekrar maksimum (1RM) değerlerini ve anaerobik güç çıktısını olumlu yönde etkilediği rapor edilmiştir (Jäger vd., 2016). Bununla birlikte, bu faydaların ortaya çıkabilmesi için probiyotik desteğinde kullanılan probiyotik alt türü, dozu, kullanım süresi ve spora özgü ihtiyaçlara uygunluğu kritik önem taşımaktadır (Mach & Fuster-Botella, 2017).

### 2.3. Sinbiyotikler

Sinbiyotikler, probiyotik ve prebiyotiklerin bir arada kullanıldığı ve birbirlerinin etkisini artırarak konakçı sağlığı üzerinde sinerjik fayda sağlayan kombinasyonlardır (Pandey vd., 2015). Prebiyotikler, probiyotik mikroorganizmaların bağırsakta daha etkin şekilde kolonize olmasını sağlar ve bu sayede daha güçlü bir mikrobiyota modülasyonu gerçekleşir. Özellikle galaktooligosakkarit (GOS) ve fruktooligosakkarit (FOS) gibi prebiyotiklerin, *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türleriyle kombine edilmesi, sinbiyotik ürünlerde en çok tercih edilen stratejilerden biridir. Bu kombinasyonlar, bağırsak mikrobiyotasındaki dengeyi optimize ederek metabolik aktiviteyi artırır ve inflamasyon kontrolünü sağlar (Markowiak & Śliżewska, 2017).

Sporcularda sinbiyotiklerin etkileri üzerine yapılan çalışmalar henüz sınırlı olsa da umut verici bulgular elde edilmektedir. Özellikle yoğun antrenman programları sırasında bağışıklık sisteminin zayıflaması, gastrointestinal semptomların artması ve toparlanma süresinin uzaması gibi sorunlar, sinbiyotik desteğiyle azaltılabilmektedir. SCFA üretiminin artışı sayesinde enerji metabolizması daha verimli hale gelmekte ve bağırsak bariyer bütünlüğü korunarak inflamatuvar yanıt baskılanmaktadır. Bu etkiler, sporcularda daha hızlı toparlanma, daha düşük enfeksiyon riski ve daha dengeli bir enerji kullanımıyla sonuçlanabilmektedir (Cerdó vd., 2019). Ayrıca yüksek protein alımına bağlı bağırsak disbiyozisini önlemek amacıyla sinbiyotik formülasyonlar geliştirilmiş ve bu ürünlerin probiyotiklerin bağırsakta hayatta kalma oranını artırdığı ile birlikte SCFA üretimini yükselttiği gösterilmiştir (Li vd., 2023).

Güncel literatür, sinbiyotiklerin sporcu beslenmesinde kullanılmasının potansiyel avantajlarını ortaya koysa da klinik kanıtların sınırlı olduğu ve daha fazla randomize kontrollü çalışmaya ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır.

(Jäger et al., 2020). Bununla birlikte mevcut veriler, sinbiyotiklerin hem prebiyotik hem probiyotiklerin sağladığı faydaları birleştiren güçlü bir strateji olabileceğini ve özellikle sporcularda bağışıklık, gastrointestinal sağlık ve enerji metabolizmasının desteklenmesinde önemli rol oynayabileceğini göstermektedir.

#### 2.4. Mikrobiyota ve Egzersiz İlişkisi

Egzersiz düzenli ve yeterli olarak yapıldığı zaman vücutta bazı olumlu değişikliklere neden olabilmektedir. Bu olumlu değişikliklerden bir tanesi de hormonal değişikliklerdir (Durukan ve Turgut, 2021). Bağırsak mikrobiyotası, organizmada hormonal özellik taşıyan çeşitli sinyal moleküllerinin sentezlenmesine katkıda bulunan ve bu moleküllerin dolaşım sistemi aracılığıyla farklı dokulara ulaşmasını sağlayan mikroorganizmaların oluşturduğu karmaşık bir ekosistendir (Ersoy & Ersoy, 2019). Düzenli egzersiz ve dengeli beslenme, mikrobiyota yapısının sağlıklı yönde şekillendirilmesinde kritik rol oynamaktadır. Nitekim altı aylık süreyi kapsayan egzersiz ve beslenme programlarının, bağırsak mikrobiyotasının bileşimini yeniden düzenlemek için yeterli olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, sağlıklı bir mikrobiyota profili oluşturabilmek için uzun vadede sürdürülebilir egzersiz alışkanlıkları ile dengeli diyet programlarının uygulanması önem arz etmektedir (Liu vd., 2014).

Dayanıklılık sporcularında, gastrointestinal epitel bariyerinin geçirgenliğinin artmasıyla birlikte üst solunum yolu enfeksiyonlarının (ÜSYE) daha sık görülmesi, mukozal bütünlüğün bozulması, bakteriyel translokasyon düzeylerinin yükselmesi ve sindirim sistemi kaynaklı problemlerin ortaya çıkma sıklığının artması dikkat çekmektedir (Mach & Fuster-Botella, 2017). Bunun aksine, orta şiddette ve düzenli biçimde gerçekleştirilen egzersiz uygulamalarının bağışıklık sistemi işlevlerini desteklediği, oksidatif stres düzeylerini azalttığı ve inflamatuvar yanıt üzerinde olumlu etkiler sağladığı belirtilmektedir (Hamasaki, 2017). Egzersiz sırasında dolaşımın yeniden yönlendirilmesi ve bağırsak mikrobiyotası üzerinde oluşan değişiklikler göz önüne alındığında, egzersiz ile mikrobiyota arasındaki karşılıklı etkileşimi araştıran çalışmalar son yıllarda giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Yfanti vd., 2019).

Araştırmalar, yaşlanma, beslenme alışkanlıkları ve fiziksel aktivite düzeylerinin bağırsak mikrobiyotasının yapısını önemli ölçüde etkileyebileceğini ortaya koymaktadır (Abraham vd., 2019). Özellikle yorucu ve yoğun egzersiz programları, bağışıklık sisteminde baskılanmaya, oksidatif stres artışına, üst solunum yolu enfeksiyonlarına (ÜSYE) ve gastrointestinal



sistem bozukluklarına yol açabilmektedir. Uzun mesafe sporlarıyla uğraşan maraton, triatlon ve ultra dayanıklılık sporcularında, çeşitli sağlık sorunlarına ek olarak endotoksemi riskinin de arttığı gözlemlenmektedir (Geovana vd., 2019). Öte yandan, düzenli ve orta şiddette yapılan egzersizler, bağırsak mikrobiyotasında faydalı mikroorganizmaların sayısını artırmakta, mikrobiyal çeşitliliği zenginleştirmekte ve kommensal bakterilerin gelişimini desteklemektedir (Novik & Savich, 2019). Güncel çalışmalarda ayrıca sporcuların, sedanter bireylere kıyasla daha yüksek bağırsak mikrobiyal çeşitliliğe sahip olduğu rapor edilmektedir (Lambert vd., 2015).

Uzun süreli ve düşük yoğunluklu egzersiz uygulamaları, gastrointestinal sistem üzerinde olumlu etkiler yaratmakta ve dışkıının bağırsaktan geçiş süresini kısaltmaktadır. Bu durum, patojenlerin gastrointestinal mukus tabakası ile temas süresinin azalmasını sağlamaktadır (Monda vd., 2017). Ayrıca fiziksel aktivitenin lokal kan akışını artırarak mide ve bağırsak fonksiyonlarını desteklediği, kabızlığın önlenmesine katkıda bulunduğu ve böylece normal bağırsak mikrobiyotasının korunmasında önemli bir rol oynadığı bildirilmektedir (Hamasaki, 2017; Abraham vd., 2019).

Bağırsak bakterileri, bireyin diyetten sağladığı enerjiyi etkin bir şekilde kullanabilme kapasitesini önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Liu vd., 2014). Bu mikroorganizmalar, enerji metabolizmasını çeşitli yollarla düzenler; sindirilemeyen posanın işlenmesi, kısa zincirli yağ asitleri (KZYA) üretimi, vitamin ve sekonder safra asitlerinin sentezi ve lipid metabolizmasının modülasyonu bunlar arasında yer almaktadır (Halleran & Underwood, 2019). Kompleks karbonhidratlardan ve bitkisel polisakkaritlerden oluşan besinler, kolonda bağırsak mikroorganizmaları tarafından fermente edilerek KZYA'lara dönüştürülür ve aynı zamanda diğer mikroorganizmalar için enerji kaynağı olarak kullanılır (Ersoy & Ersoy, 2019). KZYA türü ve miktarı, bağırsak mikrobiyotasının bileşimini doğrudan etkileyebilir (Mach & Fuster-Botella, 2017).

Literatür, 40 dakikayı aşan egzersiz performansını belirleyen en önemli faktörlerin, karbonhidratların kullanılabilirliğini artırmaya veya yağ oksidasyonu kapasitesini geliştirmeye yönelik spor beslenme stratejileri ile kas dokusunda mevcut oksidatif substratların yeterliliği olduğunu göstermektedir (Burke, 2019). Mikrobiyotanın iyileştirilmesi ve fermentasyon kapasitesinin artırılması, egzersiz sırasında karbonhidrat fermente edilmesini de destekleyebilir (Mach & Fuster-Botella, 2017). Bunun yanı sıra bağırsak mikroorganizmaları, iskelet kası protein sentezi için kritik olan dallı zincirli amino asitlerin (lösin, izölösin ve valin) üretiminde görev almaktadır. Bu bağlamda, dolaşımdaki dallı zincirli amino asit düzeylerinin artışı, kas



kaybının en aza indirilmesinde bağırsak mikrobiyotasının potansiyel bir rol oynadığını göstermektedir (Halloran & Underwood, 2019).

## **2.5. Prebiyotik, Probiyotik ve Sinbiyotik Takviyeler ile Egzersiz İlişkisi**

Sporcuların performansı ve genel sağlık durumları, bağırsak mikrobiyotasının durumu ile yakından ilişkilidir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotik takviyelerin egzersiz kapasitesi, bağışıklık yanıtı ve metabolik adaptasyonlar üzerindeki potansiyel etkilerini ortaya koymaktadır. Prebiyotikler, sindirilemeyen besin bileşenleri olarak bağırsak bakterilerini besleyerek faydalı mikroorganizmaların sayısını artırır (Gibson vd., 2017). Bu süreç kısa zincirli yağ asitlerinin (KZYA) üretimini destekler, bağırsak bariyer fonksiyonunu güçlendirir ve inflamatuvar yanıtları düzenler. Egzersiz sırasında oluşan sistemik inflamasyon ve oksidatif stres, prebiyotik alımı ile azaltılabilir ve böylece performans ve toparlanma süreçleri iyileştirilebilir (Clarke vd., 2014).

Probiyotikler ise canlı mikroorganizmalar içerir ve bağırsak mikrobiyotasının kompozisyonunu doğrudan etkileyerek bağışıklık sistemini güçlendirir. Sporcularda yapılan araştırmalar, özellikle yoğun antrenman dönemlerinde probiyotik kullanımının üst solunum yolu enfeksiyonlarını azalttığını ve gastrointestinal semptomları hafiflettiğini göstermektedir (West vd., 2011). Bunun yanında probiyotikler, kas hasarına bağlı inflamasyonu azaltabilir ve antrenman sonrası toparlanma süresini kısaltabilir. Örneğin *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türlerinin kullanımı ile yapılan çalışmalar, kas performansında hafif artışlar ve laktat birikiminde azalmalar bildirmiştir (Lamprecht vd., 2012).

Sinbiyotikler hem prebiyotik hem de probiyotik içeren kombinasyonlardır ve her iki bileşenin sinerjik etkilerini sağlar. Sinbiyotik takviyeler, bağırsak mikrobiyotasının çeşitliliğini artırarak hem immün yanıtı hem de enerji metabolizmasını optimize eder (Roberfroid vd., 2010). Sporcularda sinbiyotik kullanımının, gastrointestinal fonksiyonları iyileştirdiği, egzersiz kaynaklı inflamasyonu azalttığı ve özellikle dayanıklılık sporlarında performans üzerinde olumlu etkiler gösterdiği saptanmıştır (Jäger vd., 2019).

Egzersiz ve mikrobiyota etkileşimi, sadece performans açısından değil, aynı zamanda sporcunun genel sağlık durumu için de önemlidir. Yoğun ve uzun süreli antrenmanlar, bağırsak geçirgenliğini artırabilir ve sistemik inflamasyonu tetikleyebilir (Nieman, 1994). Bu noktada prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotik takviyeler, bağırsak bariyerinin korunmasında

ve inflamatuvar yanıtların dengelenmesinde kritik rol oynar. Ayrıca, bazı çalışmalar probiyotik ve sinbiyotik kullanımının kas kütlesi ve yağ metabolizması üzerinde de olumlu etkiler sağlayabileceğini öne sürmektedir (Di Dio vd., 2023).

Sonuç olarak, prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotik takviyeler, sporcuların performansını, bağışıklık yanıtını ve genel sağlığını destekleyen önemli araçlar olarak değerlendirilebilir. Ancak takviyelerin etkinliği, bireysel mikrobiyota kompozisyonuna, egzersiz yoğunluğuna ve süresine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bu nedenle, sporcunun ihtiyaçları ve mikrobiyota durumu göz önünde bulundurularak takviye planlaması yapılması önerilmektedir. Gelecekteki araştırmaların, farklı probiyotik suşlarının ve prebiyotik tiplerinin egzersiz üzerindeki spesifik etkilerini daha ayrıntılı şekilde incelemesi, kişiselleştirilmiş takviye stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

## Kaynaklar

- Abraham, D., Feher, J., Scuderi, G. L., Szabo, D., Dobolyi, A., Cservenak, M., ... & Radak, Z. (2019). Exercise and probiotics attenuate the development of Alzheimer's disease in transgenic mice: role of microbiome. *Experimental gerontology*, 115, 122-131.
- Afzaal, M., Saeed, F., Shah, Y. A., Hussain, M., Rabail, R., Socol, C. T., ... & Aadil, R. M. (2022). Human gut microbiota in health and disease: Unveiling the relationship. *Frontiers in microbiology*, 13, 999001.
- Burke, L. M. (2019). Supplements for optimal sports performance. *Current Opinion in Physiology*, 10, 156-165.
- Cani, P. D., & Knauf, C. (2016). How gut microbes talk to organs: the role of endocrine and nervous routes. *Molecular metabolism*, 5(9), 743-752.
- Cerdó, T., García-Santos, J. A., G Bermúdez, M., & Campoy, C. (2019). The Role of Probiotics and Prebiotics in the Prevention and Treatment of Obesity. *Nutrients*, 11(3), 635. <https://doi.org/10.3390/nu11030635>
- Clarke, S. E., Murphy, E. F., O'Sullivan, O., Lucey, A. J., Humphreys, M., Hogan, A., ... & Cotter, P. D. (2014). Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*, 63(12), 1913-1920.
- Clarke, S. E., Murphy, E. F., O'Sullivan, O., Lucey, A. J., Humphreys, M., Hogan, A., ... & Cotter, P. D. (2014). Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*, 63(12), 1913-1920.
- Cryan, J. E., O'Riordan, K. J., Cowan, C. S., Sandhu, K. V., Bastiaanssen, T. E., Boehme, M., ... & Dinan, T. G. (2019). The microbiota-gut-brain axis. *Physiological reviews*. 99(4), 1877-2013.
- Davani-Davari, D., Negahdaripour, M., Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Masoumi, S. J., ... & Ghasemi, Y. (2019). Prebiotics: definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. *Foods*, 8(3), 92.
- Di Dio, M., Calella, P., Pelullo, C. P., Liguori, F., Di Onofrio, V., Gallè, E., & Liguori, G. (2023). Effects of Probiotic Supplementation on Sports Performance and Performance-Related Features in Athletes: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 20(3), 2226. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032226>
- Durukan E. & Turgut N. (2021). Covid-19 ışığında mikrobiyota, immünsistem ve egzersiz. M. Ilkım (Ed.), *Spor bilimlerinde araştırma ve değerlendirmeler içinde* (s. 131-164), Gece Kitaplığı.
- Durukan E. & Turgut N. (2021). Egzersiz ve hormonlar. M. Ilkım (Ed.), *Spor bilimlerinde araştırma ve değerlendirmeler-I içinde* (s. 77-108), Gece Kitaplığı.
- Ersoy, N., & Ersoy, G. (2019). Barsak mikrobiyotası ve dayanıklılık egzersizleri. *Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi*, 6(1), 170-178.

- Fan, Y., & Pedersen, O. (2021). Gut microbiota in human metabolic health and disease. *Nature Reviews Microbiology*, 19(1), 55-71.
- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., ... & Reid, G. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 14(8), 491-502.
- Göktepe, M., Durukan, E., & Aydın, G. (2024). Evaluation of probiotic food knowledge and consumption status of sports science faculty students. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 19(2), 306-316.
- Grosicki, G. J., Durk, R. P., & Bagley, J. R. (2019). Rapid gut microbiome changes in a world-class ultramarathon runner. *Physiological reports*, 7(24), e14313.
- Halloran, K., & Underwood, M. A. (2019). Probiotic mechanisms of action. *Early human development*, 135, 58-65.
- Hamasaki, H. (2017). Exercise and gut microbiota: clinical implications for the feasibility of Tai Chi. *Journal of integrative medicine*, 15(4), 270-281.
- Healey, G., Murphy, R., Butts, C., Brough, L., Whelan, K., & Coad, J. (2018). Habitual dietary fibre intake influences gut microbiota response to an inulin-type fructan prebiotic: a randomised, double-blind, placebo-controlled, cross-over, human intervention study. *British Journal of Nutrition*, 119(2), 176-189.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., ... & Sanders, M. E. (2014). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*. 11(8), 506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- Jäger, R., Mohr, A. E., Carpenter, K. C., Kerkick, C. M., Purpura, M., Mousa, A., ... & Antonio, J. (2019). International society of sports nutrition position stand: probiotics. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 62.
- Jäger, R., Shields, K. A., Lowery, R. P., De Souza, E. O., Partl, J. M., Hollmer, C., ... & Wilson, J. M. (2016). Probiotic *Bacillus coagulans* GBI-30, 6086 reduces exercise-induced muscle damage and increases recovery. *PeerJ*, 4, e2276.
- Jäger, R., Zaragoza, J., Purpura, M., Iametti, S., Marengo, M., Tinsley, G. M., ... & Taylor, L. (2020). Probiotic administration increases amino acid absorption from plant protein: a placebo-controlled, randomized, double-blind, multicenter, crossover study. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 12(4), 1330-1339.

- Lambert, J. E., Myslicki, J. P., Bomhof, M. R., Belke, D. D., Shearer, J., & Reimer, R. A. (2015). Exercise training modifies gut microbiota in normal and diabetic mice. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 40(7), 749-752.
- Lamprecht, M., Bogner, S., Schippinger, G., Steinbauer, K., Fankhauser, F., Hallstroem, S., ... & Greilberger, J. F. (2012). Probiotic supplementation affects markers of intestinal barrier, oxidation, and inflammation in trained men; a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 45.
- Lamprecht, M., Bogner, S., Schippinger, G., Steinbauer, K., Fankhauser, F., Hallstroem, S., ... & Greilberger, J. F. (2012). Probiotic supplementation affects markers of intestinal barrier, oxidation, and inflammation in trained men; a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 45.
- Leite, G. S., Student, A. S. R. M., West, N. P., & Lancha Jr, A. H. (2019). Probiotics and sports: A new magic bullet? *Nutrition*, 60, 152-160.
- Li, X., Hu, S., Yin, J., Peng, X., King, L., Li, L., Xu, Z., Zhou, L., Peng, Z., Ze, X., Zhang, X., Hou, Q., Shan, Z., & Liu, L. (2023). Effect of synbiotic supplementation on immune parameters and gut microbiota in healthy adults: a double-blind randomized controlled trial. *Gut microbes*, 15(2), 2247025. <https://doi.org/10.1080/19490976.2023.2247025>
- Liu, W. Y., Lu, D. J., Du, X. M., Sun, J. Q., Ge, J., Wang, R. W., ... & Cheng, S. (2014). Effect of aerobic exercise and low carbohydrate diet on pre-diabetic non-alcoholic fatty liver disease in postmenopausal women and middle aged men—the role of gut microbiota composition: study protocol for the AELC randomized controlled trial. *BMC public health*, 14(1), 48.
- Lloyd-Price, J., Abu-Ali, G., & Huttenhower, C. (2016). The healthy human microbiome. *Genome medicine*, 8(1), 51.
- Mach, N., & Fuster-Botella, D. (2017). Endurance exercise and gut microbiota: A review. *Journal of sport and health science*, 6(2), 179-197.
- Mailing, L. J., Allen, J. M., Buford, T. W., Fields, C. J., & Woods, J. A. (2019). Exercise and the gut microbiome: a review of the evidence, potential mechanisms, and implications for human health. *Exercise and sport sciences reviews*, 47(2), 75-85.
- Markowiak, P., & Śliżewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9), 1021.
- Martarelli, D., Verdenelli, M. C., Scuri, S., Cocchioni, M., Silvi, S., Cecchini, C., & Pompei, P. (2011). Effect of a probiotic intake on oxidant and antioxidant parameters in plasma of athletes during intense exercise training. *Current microbiology*, 62(6), 1689-1696.
- Monda, V., Villano, I., Messina, A., Valenzano, A., Esposito, T., Moscatelli, F., ... & Messina, G. (2017). Exercise modifies the gut microbiota with po-

- sitive health effects. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017(1), 3831972.
- Nieman, D. C. (1994). Exercise, infection, and immunity. *International journal of sports medicine*, 15(S 3), S131-S141.
- Novik, G., & Savich, V. (2020). Beneficial microbiota. Probiotics and pharmaceutical products in functional nutrition and medicine. *Microbes and infection*, 22(1), 8-18.
- Pandey, K., Naik, S., & Vakil, B. (2015). Probiotics, prebiotics and synbiotics-a review. *Journal of food science and technology*, 52(12), 7577-7587.
- Patel, B. K., Patel, K. H., Lee, C. N., & Moochhala, S. (2024). Intestinal microbiota interventions to enhance athletic performance—a review. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(18), 10076.
- Pyne, D. B., West, N. P., Cox, A. J., & Cripps, A. W. (2015). Probiotics supplementation for athletes—clinical and physiological effects. *European journal of sport science*, 15(1), 63-72.
- Rinninella, E., Raoul, P., Cintoni, M., Franceschi, F., Miggiano, G. A. D., Gasbarrini, A., & Mele, M. C. (2019). What is the healthy gut microbiota composition? A changing ecosystem across age, environment, diet, and diseases. *Microorganisms*, 7(1), 14.
- Roberfroid, M., Gibson, G. R., Hoyles, L., McCartney, A. L., Rastall, R., Rowland, I., ... & Meheust, A. (2010). Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *British Journal of Nutrition*, 104(S2), S1-S63.
- Roberfroid, M., Gibson, G. R., Hoyles, L., McCartney, A. L., Rastall, R., Rowland, I., ... & Meheust, A. (2010). Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *British Journal of Nutrition*, 104(S2), S1-S63.
- Wells, J. M., Brummer, R. J., Derrien, M., MacDonald, T. T., Troost, F., Cani, P. D., ... & Garcia-Rodenas, C. L. (2017). Homeostasis of the gut barrier and potential biomarkers. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 312(3), G171-G193.
- West, N. P., Horn, P. L., Pyne, D. B., Gebiski, V. J., Lahtinen, S. J., Fricker, P. A., & Cripps, A. W. (2014). Probiotic supplementation for respiratory and gastrointestinal illness symptoms in healthy physically active individuals. *Clinical Nutrition*, 33(4), 581-587.
- West, N. P., Pyne, D. B., Cripps, A. W., Hopkins, W. G., Eskesen, D. C., Jairath, A., ... & Fricker, P. A. (2011). *Lactobacillus fermentum* (PCC®) supplementation and gastrointestinal and respiratory-tract illness symptoms: a randomised control trial in athletes. *Nutrition journal*, 10(1), 30.
- West, N. P., Pyne, D. B., Peake, J. M., & Cripps, A. W. (2009). Probiotics, immunity and exercise: a review. *Exercise Immunology Review*, 15, 107-126.
- Yfanti, C., Deli, C. K., Georgakouli, K., Fatouros, I., & Jamurtas, A. Z. (2019). Sport nutrition, redox homeostasis and toxicity in sport performance. *Current Opinion in Toxicology*, 13, 45-67.